

Feldgerät zur Bestimmung und/oder Überwachung einer Prozessgröße

Die Erfindung bezieht sich auf ein Feldgerät zur Bestimmung und/oder
5 Überwachung mindestens einer Prozessgröße eines Mediums in einem
Behälter, mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit, wobei die
mechanisch schwingfähige Einheit über einen Prozessanschluss mit dem
Behälter verbunden ist, und mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit,
wobei die Antriebs-/Empfangseinheit die mechanisch schwingfähige Einheit zu
10 Schwingungen anregt, bzw. wobei die Antriebs-/Empfangseinheit die
Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit detektiert. Bei der
Prozessgröße kann es sich beispielsweise um den Füllstand, die Dichte oder
die Viskosität eines Mediums handeln.

15 Das Prinzip eines solchen Feldgerätes besteht darin, dass die Schwingung
einer schwingfähigen Einheit davon abhängt, ob sie frei oder durch das
Medium bedeckt schwingt – dies ist dann die Füllstandbestimmung – oder ob
sich beispielsweise die Viskosität des Mediums ändert – dies ist dann z.B.
eine Überwachung der Viskosität. Je nach Eigenschaft des Mediums oder
20 generell ob Medium die schwingfähige Einheit bedeckt oder nicht,
unterscheiden sich die Frequenzen und Amplituden der Schwingungen. Der
Rückschluss aus einer Frequenzänderung erlaubt also beispielsweise bei der
Verwendung als Füllstandssensor die Aussage, dass das Medium einen
bestimmten Füllstand, der durch die Einbauposition bestimmt ist, über- oder
25 unterschreitet. Gleiches gilt auch für die Amplitude.

Von der Anmelderin werden unter der Bezeichnung „Liquiphant“
Schwinggabeln z.B. zur Füllstandsdetektion produziert und vertrieben. Der
Vorteil der Schwinggabeln liegt darin, dass sich die Schwingungen der beiden
30 Gabelzinken gerade kompensieren, so dass z.B. von der Schwinggabel keine
Energie auf den Spannungsbereich übertragen wird, auf den Bereich also,
an dem das Messgerät mit dem Behälter verbunden wird und in ihn

hineinreicht. Für Anwendungsbereiche, bei denen sich beispielsweise Material zwischen den Zinken verklemmen kann, ist es interessant, sog. Einstäbe zu benutzen. Bei diesen fehlt die selbständige Kompensation der Kräfte und somit können Kräfte und Momente auf die Einspannung wirken.

5

Somit ist es Aufgabe der Erfindung, eine mechanisch schwingfähige Einheit eines Feldgerätes vorzustellen, deren Schwingungen möglichst keine Kräfte und Momente auf die Einspannung erzeugen.

10

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die mechanisch schwingfähige Einheit mindestens drei Schwingkörper aufweist, dass mindestens ein Schwingkörper an einem Einspannbereich mit dem Prozessanschluss verbunden ist, dass die drei Schwingkörper Schwingungen ausführen, die die Antriebs-/Empfangseinheit erzeugt bzw. detektiert, und

15

dass die drei Schwingkörper derartig ausgestaltet und miteinander verbunden sind und dass der Einspannbereich derartig gewählt ist, dass eine näherungsweise definierte Übertragung von Reaktionskräften und Reaktionsmomenten zwischen der mechanisch schwingfähigen Einheit und dem Prozessanschluss stattfindet. Die Grundidee der Erfindung ist also, dass

20

die mechanisch schwingfähige Einheit sich aus drei Schwingkörpern zusammensetzt. Zwei davon sind mit dem dritten Schwingkörper verbunden. Dies führt dazu, dass dementsprechend auch die Schwingungen miteinander direkt z.B. zwischen jeweils paarweise miteinander verbundenen Schwingkörpern bzw. indirekt gekoppelt sind. Somit werden auch Kräfte und

25

Momente untereinander übertragen. Die Ausgestaltung der Schwingkörper kann dabei stab- oder röhrenförmig sein, es kann sich auch um z.B. mit entsprechenden Federn verbundenen Kugeln handeln oder um rechteckförmige Gebilde. Die Schwingkörper können aus gleichem oder unterschiedlichem Material bestehen, z.B. Metall oder Plastik. Wesentlich sind die für die Schwingung relevanten physikalischen Größen wie Steifigkeit und Masse. Bezüglich der Schwingfrequenz und der Amplitude ist natürlich

30

weiterhin die Länge relevant. Die Abstimmung der Längen sollte natürlich so sein, dass sich die Schwingungen nicht gegenseitig behindern.

5 Eine Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit um Biegeschwingungen handelt. Alternative Bezeichnungen für Biegeschwingungen sind transversale Schwingungen. Solche Schwingungen werden in dem oben genannten und von der Anmelderin produzierten und vertriebenen „Liquiphanten“ für die Füllstandsdetektion verwendet. In dieser Ausgestaltung handelt es sich also
10 beispielsweise nicht um Ultraschallschwingungen.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass mindestens die Ausgestaltung der drei Schwingkörper, deren Verbindungen untereinander und des Einspannbereichs und deren Abstimmung aufeinander derartig bestimmbar
15 und/oder berechenbar sind, dass mindestens die durch die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit auf den Prozessanschluss wirkenden Reaktionskräfte und Reaktionsmomente möglichst Null sind. Die Schwingkörper der mechanisch schwingfähigen Einheit und die Wahl des Einspannbereichs lassen sich durch entsprechende Berechnungen oder durch
20 Versuche aufeinander abstimmen. Die Wahl des Einspannbereichs, also an welchem Bereich ein Schwingelement mit dem Prozessanschluss verbunden wird, ist deshalb relevant, weil dieses Schwingelement ebenfalls schwingt, d.h. es gibt Bereiche dieses Schwingelements, die ständig in Bewegung sind und die von daher nicht zur Verbindung mit dem Prozessanschluss dienen können, insofern der Einspannbereich in Ruhe bleiben soll. Durch die Verwendung von
25 drei schwingfähigen Körpern ergibt sich eine Erhöhung der Freiheitsgrade, so dass eine Ausbalancierung der Kräfte und Momente sehr gut möglich ist. Vorteilhafterweise wird das eine Schwingelement dort mit dem Prozessanschluss verbunden, wo das Element gerade einen
30 Schwingungsknoten aufweist, ein Bereich also, der sich während der Schwingungen nicht bewegt. Diese Ausgestaltung hat somit den Vorteil, dass die Schwingungen sich nicht auf den Behälter auswirken.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass es sich bei den drei Schwingkörpern um einen Langstab mit einer Länge L , einer Masse M und einer Steifigkeit k , um einen ersten Kurzstab mit einer Länge L_1 , einer Masse M_1 und einer Steifigkeit k_1 und um einen zweiten Kurzstab mit einer Länge L_2 , einer Masse M_2 und einer Steifigkeit k_2 aufweist, dass der erste Kurzstab mit einem dem Prozess zugewandten Endbereich an einem dem Prozess zugewandten Endbereich des Langstabs mit dem Langstab verbunden ist, dass der zweite Kurzstab mit einem vom Prozess abgewandten Endbereich an einem vom Prozess abgewandten Endbereich des Langstabs mit dem Langstab verbunden ist, und dass der Langstab mindestens an einem Einspannbereich mit dem Prozessanschluss verbunden ist. Die Grundidee ist also, dass ein Einstab benutzt wird, der sich aus einem Langstab und zwei Kurzstäben zusammensetzt, wobei alle drei Einheiten schwingen können. Die Kurzstäbe sind jeweils an einem Ende mit dem Langstab verbunden und weisen vorzugsweise ein freies Ende auf, das nicht mit dem Langstab verbunden ist und welches somit frei schwingen kann. Eine solche stab- oder rohrförmige Ausgestaltung vereinfacht die Berechnung der Momente und Kräfte und macht somit die konkrete Ausformung übersichtlicher. Die Verbindung der Kurzstäbe mit dem Langstab kann dabei direkt z.B. durch das Einschrauben der Kurzstäbe in eine entsprechend ausgestaltete Aussparung des Langstabs oder indirekt z.B. über ein federndes Element erfolgen. Die Verbindung kann weiterhin direkt am Abschluss des jeweiligen Endbereichs erfolgen oder an einem seitlichen Abschnitt davon. Es kann auch ein Kurzstab leicht über den Langstab hinausreichen. Weitere Ausgestaltungen sind möglich.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass beide Kurzstäbe im Wesentlichen gleiche Länge, im Wesentlichen gleiche Masse bzw. um ihren Drehpunkt im Wesentlichen gleiches Massenträgheitsmoment und im Wesentlichen gleiche Steifigkeit aufweisen. Dies ist die einfachste

Ausgestaltung, mit der die beiden Kurzstäbe gegensinnig schwingen und sich gerade kompensieren können.

5 Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass der erste und/oder der zweite Kurzstab mindestens eine Nut/Verjüngung aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der mechanisch schwingfähigen Einheit bestimmt. Eine solche Nut/Verjüngung wirkt sich auf die Drehsteifigkeit des entsprechenden Kurzstabs aus und erlaubt somit eine Einstellung der Resonanzfrequenz, die davon abhängig ist.

10

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass der Langstab mindestens den ersten Kurzstab coaxial umgibt. Somit tritt zumindest nur der Langstab in Kontakt mit dem Medium und der erste Kurzstab schwingt stets mit den gleichen physikalischen Gegebenheiten. Diese Schwingung des ersten Kurzstabs wird somit auch nicht von Ansatz oder Korrosion des Langstabs beeinflusst. Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, dass der Langstab beide Kurzstäbe coaxial umgibt. Eine solche mechanisch schwingfähige Einheit ist somit optimal in sich und gegenüber der Umwelt abgeschlossen und es kann auch kein Medium eindringen. Nach außen zeigt sich also nur eine schwingende Einheit. Die Ausgestaltung als Langstab oder vielmehr als Langrohr hat dabei den Vorteil, dass die durch das Material wirkenden Kräfte in den meisten Fällen – bis auf besondere Ausnahmen bei z.B. sehr starker Belastung – nicht zu einer Verformung führen.

20

25 Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass mindestens der zweite Kurzstab den Langstab coaxial umgibt. In Verbindung mit der oben genannten Ausgestaltung bedeutet dies, dass der Langstab am Prozess zugewandten Ende den ersten Kurzstab umfasst und selbst wiederum am anderen Ende vom zweiten Kurzstab umfasst wird. Der zweite Kurzstab kann dabei den Langstab über die Länge des Kurzstabes vollständig coaxial umgeben, er kann aber auch den Langstab nur teilweise umgeben und z.B. mit seinem vom Prozess abgewandten Ende über den Langstab hinausragen. Diese

30

Ausgestaltung hat Vorteile in Hinsicht auf die fertigungstechnische Umsetzung. Zunächst wird der erste Kurzstab im Langstab befestigt. Dann wird der röhrenförmige Langstab, der beispielsweise am vom Prozess abgewandten Ende offen ist, mit dem zweiten Kurzstab verbunden. Der zweite
5 Kurzstab kann dabei auch unten offen sein, so dass beispielsweise immer noch ein offener Zugang zum Innenraum des Langstabs bestehen bleibt. Dies ist ggf. für die Führung von Kabeln vorteilhaft.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei dem
10 Prozessanschluss um eine Röhre handelt, an welcher mindestens im Einspannbereich der Langstab befestigt ist. Der große Vorteil liegt darin, dass zumindest der vom Prozess abgewandte Abschnitt des Langstabs zwar schwingen kann, jedoch beispielsweise vor Ansatz, Korrosion oder allgemein vor dem Medium und den im Behälter herrschenden Prozessbedingungen
15 geschützt ist. Weiterhin verkürzt sich somit der Bereich, der direkt im Behälter befindlich ist, der also dort „störend“ wirkt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass sich die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen dem dem Prozess zugewandten Endbereich des
20 Langstabs und dem dem Prozess zugewandten Endbereich des ersten Kurzstabs befindet. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass sich die Antriebs-/Empfangseinheit zwischen dem vom Prozess abgewandten Endbereich des Langstabs und dem vom Prozess abgewandten Endbereich des zweiten Kurzstabs befindet. Der eine Kurzstab ist in beiden
25 Ausgestaltungen also mit der Schwingungserregung-, bzw. -detektion verbunden und der jeweils andere Kurzstab dient als Kompensationsmasse oder -schwinger.

Eine Ausgestaltung beinhaltet, dass in der Antriebs-/Empfangseinheit
30 mindestens ein piezo-elektrisches Element vorgesehen ist. Dies ist ein in der Vibronik übliche Ausgestaltung einer Antriebs-/Empfangseinheit.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, dass das piezo-elektrisches Element in der Antriebs-/Empfangseinheit aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen parallel zu einer Rotationsachse der mechanisch schwingfähigen Einheit liegen. Ein solches Element hat den Vorteil, dass
5 direkt ein Kippmoment erzeugt wird, da ein Segment durch eine anliegende Spannung gestaucht und das andere Segment gestreckt wird. Solch ein Kippmoment ist vor allem bei der Erzeugung von Biegeschwingungen der schwingfähigen Einheit erforderlich.

10

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.
Es zeigt:

Fig. 1: den prinzipiellen Aufbau der mechanisch schwingfähigen Einheit,

15

Fig. 2: eine detailliertere Darstellung der mechanisch schwingfähigen Einheit mit der Piezoeinheit in Richtung des Prozesses,

Fig. 3: eine Ausgestaltung, in der sich die Piezoeinheit in der vom Prozess abgewandten Seite befindet, und

20

Fig. 4: eine Variation zur Ausgestaltung in Fig. 2.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau der mechanisch schwingfähigen Einheit 1.

25 Der Langstab 10 ist hier so ausgestaltet, dass er die beiden Kurzstäbe 11, 12 koaxial umgibt. Alternative Ausgestaltungen sind jedoch möglich. Der erste Kurzstab 11 ist mit seinem dem Prozess zugewandten Endbereich 11.1 mit dem dem Prozess zugewandten Endbereich 10.1 des Langstabs 10 verbunden. Aufgrund der Nähe zum Medium ist es vorteilhaft, wenn der erste
30 Kurzstab 11 im Langstab 10 angeordnet ist, da somit nur ein Bauteil – nämlich der Langstab 10 – in Kontakt mit dem Medium kommen kann. Am vom Prozess abgewandten Endbereich 10.2 des Langstabs 10 ist der Langstab mit

dem zweiten Kurzstab 12 mit seinem vom Prozess abgewandten Endbereich 12.2 verbunden. Die anderen Endbereiche der Kurzstäbe 11, 12 sind jeweils freie Enden, die frei schwingen können. Im Einspannbereich 10.3 wird der Langstab 10 mit dem Prozessanschluss 2 verbunden. Dabei kann es sich
5 beispielsweise um eine Muffe handeln, die in eine Öffnung des Behälters (nicht dargestellt) eingeschraubt wird. Durch die koaxiale Ausgestaltung kommt nur der Langstab 10 in Kontakt mit dem Medium (nicht dargestellt). So sind auch bei Ansatz des Mediums am Langstab 10 die beiden Kurzstäbe 11, 12 immer noch in der Lage, gegensinnige Schwingungen auszuführen und zu
10 verhindern, dass Kräfte oder Momente auf die Einspannung wirken.

In Fig. 2 findet sich eine detailliertere Ausgestaltung der mechanisch schwingfähigen Einheit 1. Die Antriebs-/Empfangseinheit 5 befindet sich in Richtung des Prozesses zwischen dem dem Prozess zugewandten
15 Endbereich 11.1 des ersten Kurzstabes 11 und dem entsprechenden Endbereich 10.1 des Langstabs 10. Schematisch ist die Antriebs-/Empfangseinheit 5 hier als piezo-elektrisches Element dargestellt, welches über mindestens zwei Segmente mit einander entgegengesetzter Polarisierung verfügt. Diese Polarisierungen sind parallel zu einer Rotationsachse 16 der
20 schwingfähigen Einheit 1. Eine solche Ausgestaltung hat den Vorteil, dass sich bei Anlegen einer Spannung an dieses piezo-elektrische Element ein Segment zusammenzieht, während sich das andere ausdehnt. Somit wird direkt eine Kippbewegung erzeugt, die zu Biegeschwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 führt. Der Langstab 10 wird am
25 Einspannbereich 10.3 mit dem Prozessanschluss 2 verbunden. Dieser Anschluss 2 ist mit einem Abschlussstück 3 verbunden, so dass kein Material in den Innenbereich der mechanisch schwingfähigen Einheit 1 eindringen kann. In der Abbildung ist auch gut zu erkennen, dass nur der Bereich zwischen dem Einspannbereich 10.3 und dem dem Prozess zugewandten
30 Endbereich 10.1 des Langstabs 10 mit dem Prozess in Verbindung treten kann, während jedoch die gesamte Länge des Langstabs 10 schwingfähig ist.

In Fig. 3 findet sich eine zur Fig. 2 entsprechende Ausgestaltung, in welcher sich die Antriebs-/Empfangseinheit 5 zwischen dem vom Prozess abgewandten Endbereich 12.2 des zweiten Kurzstabs 12 und dem entsprechenden Endbereich 10.2 des Langstabs 10 befindet.

5

In der Fig. 4 ist eine alternative Ausgestaltung zur Fig. 2 dargestellt; die Antriebs-/Empfangseinheit 5 befindet sich also im ersten Kurzstab 11. Der zweite Kurzstab 12 ist hier als Rohr ausgebildet, dessen Innendurchmesser größer als der Außendurchmesser des Langstabes 10 ist. Somit kann der zweite Kurzstab 12 den Langstab 10 coaxial umfassen. Wird ein solcher Kurzstab 12 mit dem Langstab 10 kraftschlüssig verbunden, so kann der unverbundene und dem Prozess zugewandte Teil – also quasi das freie Ende – frei schwingen. Durch die spezielle Ausgestaltung umgibt der zweite Kurzstab 12 den Langstab 10 coaxial – der Langstab 10 wird quasi an seinem vom Prozess abgewandten Ende von einem Becher (der ggf. unten auch offen sein kann) umschlossen –, der wiederum den ersten Kurzstab 11 coaxial umgibt. Dies hat bei der Fertigung Vorteile. Auch in dieser Ausführung führen bei einer entsprechenden Abstimmung die beiden Kurzstäbe 11, 12 und der Langstab 10 gegensinnige Schwingungen aus, bei denen die auf das Abschlussstück 3 und den Anschluss 2 wirkenden Kräfte und Drehmomente entgegengesetzt gleich groß sind und somit keine Reaktionskräfte und Reaktionsmomente auf das Abschlussstück 3 und den Anschluss 2 wirken. Weiterhin ist in dieser Abbildung Fig. 4 zu erkennen, dass sich die Nut/Verjüngung 15 auch über einen größeren Abschnitt erstrecken kann. Der erste Kurzstab 11 besteht aus zwei Abschnitten: ein Abschnitt befindet sich zwischen der Antriebs-/Empfangseinheit 5 und der Verbindungsstelle von Langstab 10 und Kurzstab 11 und der zweite Abschnitt befindet sich auf der anderen Seite der Antriebs-/Empfangseinheit 5. Der Abschnitt in Richtung des Prozesses hat einen geringeren Durchmesser, ist also eine ausgedehnte Verjüngung 5.

10

15

20

25

30

Bezugszeichenliste

- | | |
|------|------------------------------------|
| 1 | Mechanisch schwingfähige Einheit |
| 2 | Prozessanschluss |
| 3 | Abschlussstück |
| 5 | Antriebs-/Empfangseinheit |
| 10 | Langstab |
| 10.1 | Dem Prozess zugewandter Endbereich |
| 10.2 | Vom Prozess abgewandter Endbereich |
| 10.3 | Einspannbereich |
| 11 | Erster Kurzstab |
| 11.1 | Dem Prozess zugewandter Endbereich |
| 12 | Zweiter Kurzstab |
| 12.2 | Vom Prozess abgewandter Endbereich |
| 15 | Nut/Verjüngung |
| 16 | Rotationsachse |

Patentansprüche

- Feldgerät zur Bestimmung und/oder Überwachung mindestens einer Prozessgröße eines Mediums in einem Behälter,
- 5 mit mindestens einer mechanisch schwingfähigen Einheit (1),
wobei die mechanisch schwingfähige Einheit (1) über einen Prozessanschluss (2) mit dem Behälter verbunden ist,
und
- mit mindestens einer Antriebs-/Empfangseinheit (5),
- 10 wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (5) die mechanisch schwingfähige Einheit (1) zu Schwingungen anregt, bzw. wobei die Antriebs-/Empfangseinheit (5) die Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) detektiert,
dadurch gekennzeichnet,
- 15 dass die mechanisch schwingfähige Einheit (1) mindestens drei Schwingkörper (10, 11, 12) aufweist,
dass mindestens ein Schwingkörper (10) an einem Einspannbereich (10.3) mit dem Prozessanschluss (2) verbunden ist,
dass die drei Schwingkörper (10, 11, 12) Schwingungen ausführen, die die
- 20 Antriebs-/Empfangseinheit (5) erzeugt bzw. detektiert,
und
dass die drei Schwingkörper (10, 11, 12) derartig ausgestaltet und miteinander verbunden sind und dass der Einspannbereich (10.3) derartig gewählt ist,
dass eine näherungsweise definierte Übertragung von Reaktionskräften und
- 25 Reaktionsmomenten zwischen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) und dem Prozessanschluss (2) stattfindet.
- Feldgerät nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- 30 dass es sich bei den Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) um Biegeschwingungen handelt.

- Feldgerät nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens die Ausgestaltung der drei Schwingkörper (10, 11, 12), deren
Verbindungen untereinander und des Einspannbereichs (10.3) und deren
5 Abstimmung aufeinander derartig bestimmbar und/oder berechenbar sind,
dass mindestens die durch die Schwingungen der mechanisch
schwingfähigen Einheit (1) auf den Prozessanschluss (2) wirkenden
Reaktionskräfte und Reaktionsmomente möglichst Null sind.
- 10 Feldgerät nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei den drei Schwingkörpern (10, 11, 12) um einen Langstab (10)
mit einer Länge (L), einer Masse (M) und einer Steifigkeit (E), um einen ersten
Kurzstab (11) mit einer Länge (L1), einer Masse (M1) und einer Steifigkeit
15 (E_1) und um einen zweiten Kurzstab (12) mit einer Länge (L2), einer Masse
(M2) und einer Steifigkeit (E_2) aufweist,
dass der erste Kurzstab (11) mit einem dem Prozess zugewandten
Endbereich (11.1) an einem dem Prozess zugewandten Endbereich des
Langstabs (10.1) mit dem Langstab (10) verbunden ist,
20 dass der zweite Kurzstab (12) mit einem vom Prozess abgewandten
Endbereich (12.2) an einem vom Prozess abgewandten Endbereich des
Langstabs (10.2) mit dem Langstab (10) verbunden ist,
und
dass der Langstab (10) mindestens an einem Einspannbereich (10.3) mit dem
25 Prozessanschluss (2) verbunden ist.
- Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass beide Kurzstäbe (11, 12) im Wesentlichen gleiche Länge, im
30 Wesentlichen gleiche Masse bzw. um ihren Drehpunkt im Wesentlichen
gleiches Massenträgheitsmoment und im Wesentlichen gleiche Steifigkeit
aufweisen.

Feldgerät nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste (11) und/oder der zweite Kurzstab (12) mindestens eine
5 Nut/Verjüngung (15) aufweist, die mindestens die Schwingfrequenz der
mechanisch schwingfähigen Einheit (1) bestimmt.

Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
10 dass der Langstab (10) mindestens den ersten Kurzstab (11) coaxial umgibt.

Feldgerät nach Anspruch 4 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens der zweite Kurzstab (12) den Langstab (10) coaxial umgibt.
15

Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Langstab (10) beide Kurzstäbe (11, 12) coaxial umgibt.

20 Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei dem Prozessanschluss (2) um eine Röhre handelt, an
welcher mindestens im Einspannbereich (10.3) der Langstab (10) befestigt ist.

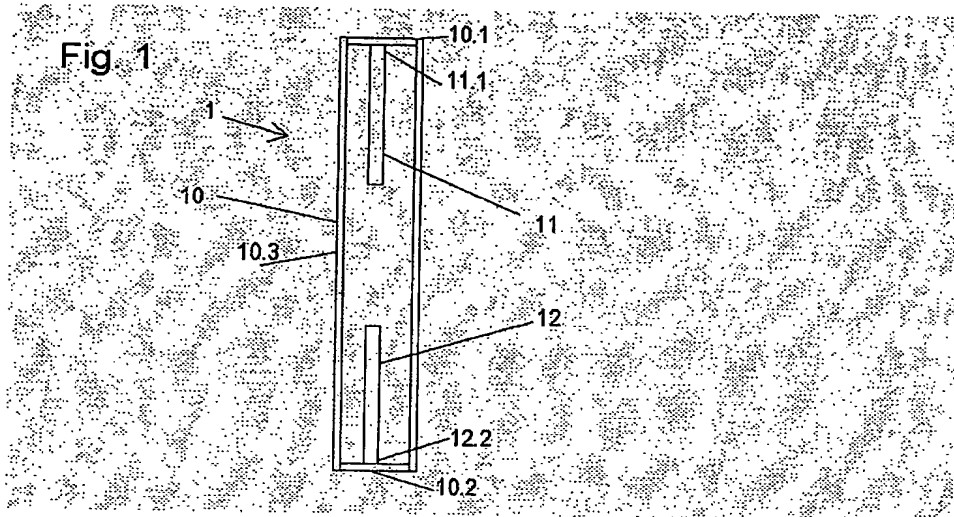
25 Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass sich die Antriebs-/Empfangseinheit (5) zwischen dem dem Prozess
zugewandten Endbereich (10.1) des Langstabs (10) und dem dem Prozess
zugewandten Endbereich (11.1) des ersten Kurzstabs (11) befindet.

30

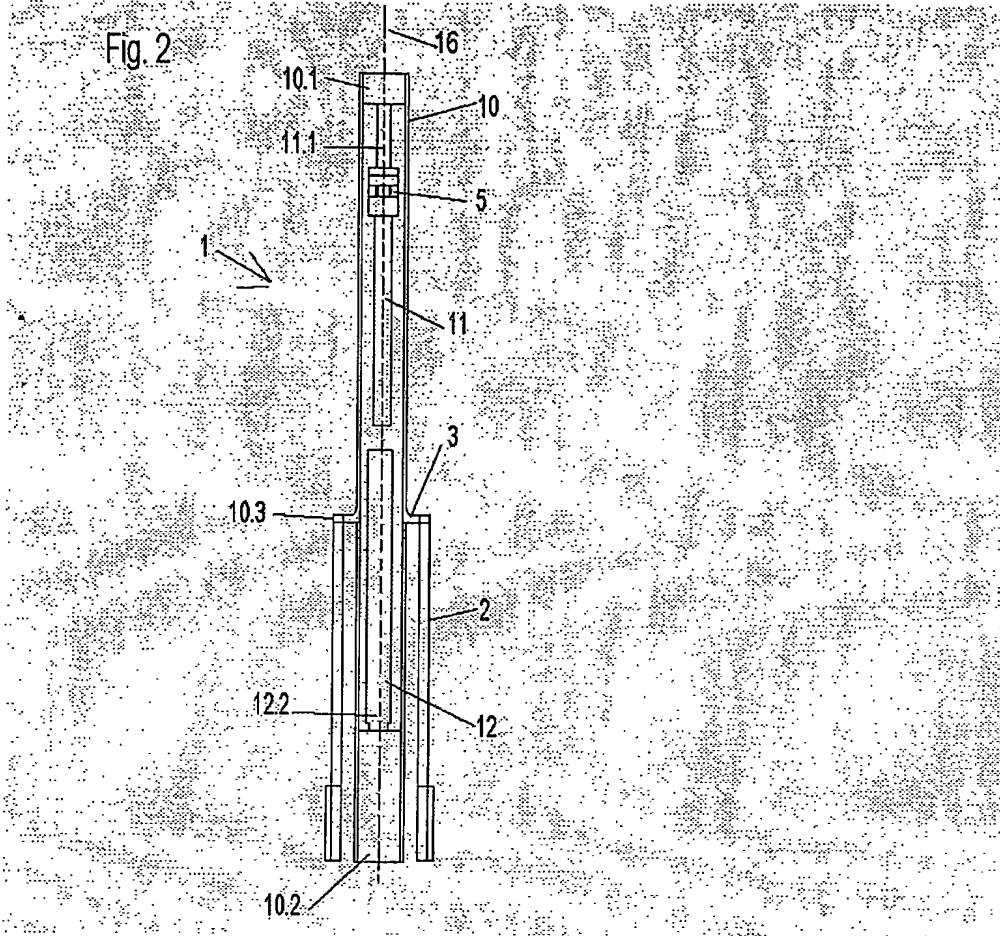
Feldgerät nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

dass sich die Antriebs-/Empfangseinheit (5) zwischen dem vom Prozess abgewandten Endbereich (10.2) des Langstabs (10) und dem vom Prozess abgewandten Endbereich (12.2) des zweiten Kurzstabs (12) befindet.

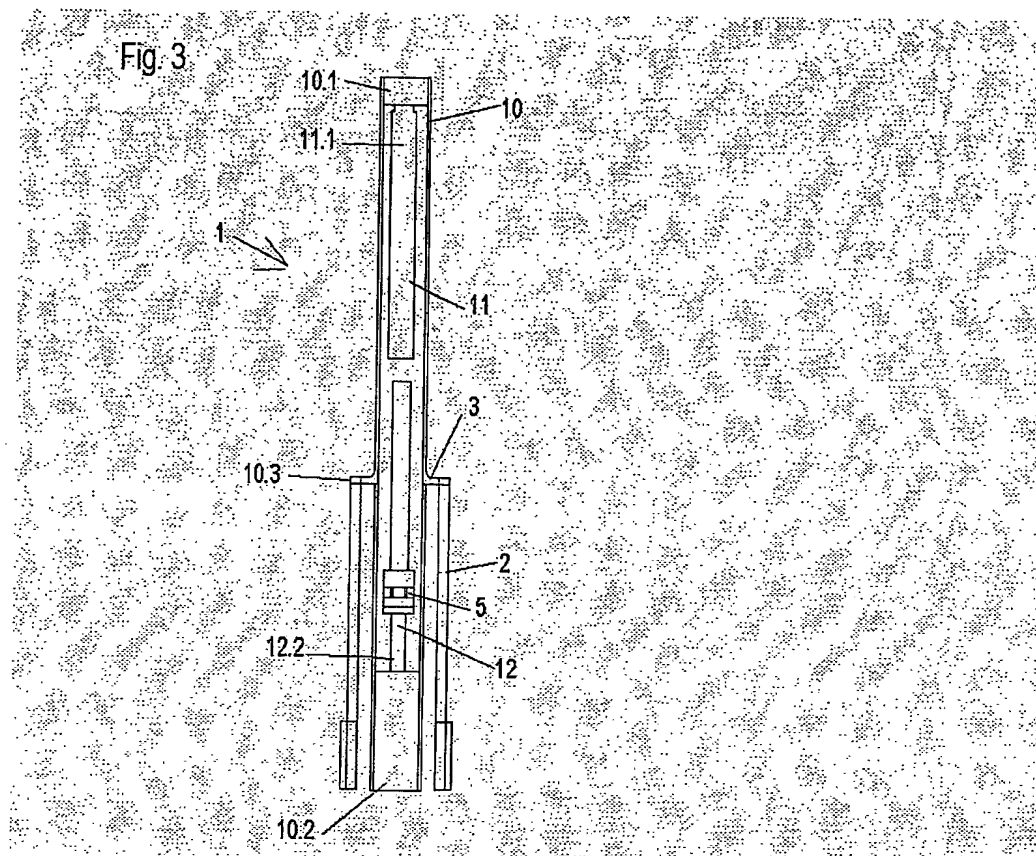
- 5 Feldgerät nach Anspruch 1, 4, 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Antriebs-/Empfangseinheit (5) mindestens ein piezo-elektrisches Element vorgesehen ist
- 10 Feldgerät nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das piezo-elektrisches Element in der Antriebs-/Empfangseinheit (5) aus mindestens zwei Segmenten besteht, die in einander entgegengesetzter Richtung polarisiert sind, wobei die Polarisationsrichtungen parallel zu einer
- 15 Rotationsachse (16) der mechanisch schwingfähigen Einheit (1) liegen.



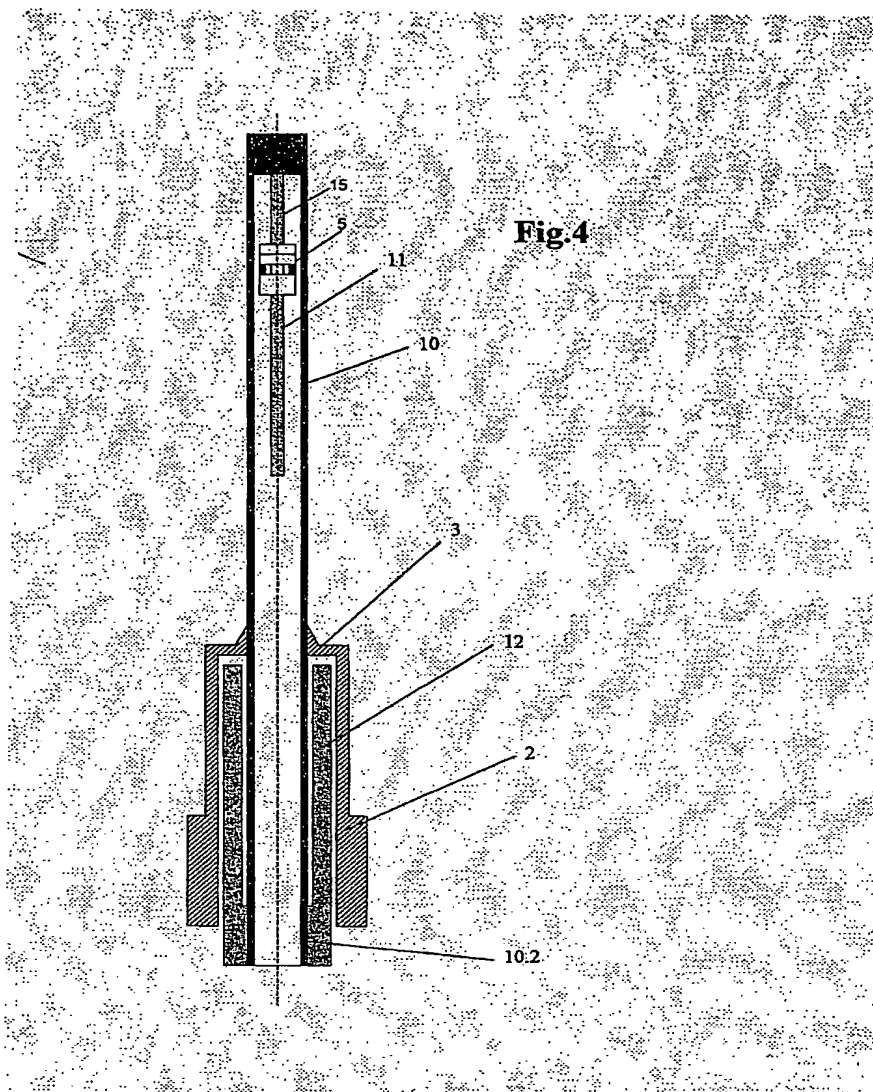
BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/007462

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 G01F23/296 G01N11/16 H01L41/09		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G01F G01N H01L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19 August 1992 (1992-08-19) abstract column 2, line 29 - line 42 column 3, line 10 - line 26 column 3, line 44 - line 50 column 9, line 50 - line 56 figures 1,2	1-3,6,7, 10,11,13
A	US 5 651 285 A (LEGRAS OLIVIER) 29 July 1997 (1997-07-29) abstract figures 4,5 column 2, line 9 - line 32 column 5, line 56 - column 6, line 6 ----- -/--	1-14
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex. </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Special categories of cited documents</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search <div style="text-align: center;">20 December 2004</div>		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center;">30/12/2004</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer <div style="text-align: center;">Pisani, F</div>

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/007462

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 4 742 260 A (ISHIBASHI SEIKI ET AL) 3 May 1988 (1988-05-03) abstract column 1, line 48 - line 51 column 1, line 63 - line 64 column 3, line 11 - line 34 column 4, line 51 - line 54 -----	1
A	US 3 225 226 A (MASAMITSU KAWAKAMI) 21 December 1965 (1965-12-21) column 1, line 32 - line 35 column 2, line 8 - line 13 column 2, line 30 - line 40 -----	1
A	US 5 099 454 A (LEGRAS OLIVIER ET AL) 24 March 1992 (1992-03-24) abstract figure 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007462

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0499265	A	19-08-1992	JP 3008991 B2	14-02-2000
			JP 4259823 A	16-09-1992
			CA 2060908 A1	15-08-1992
			DE 69202354 D1	14-06-1995
			DE 69202354 T2	14-09-1995
			EP 0499265 A2	19-08-1992
			FI 920606 A	15-08-1992
			KR 9615076 B1	24-10-1996
			US 5247832 A	28-09-1993
US 5651285	A	29-07-1997	FR 2719113 A1	27-10-1995
			AT 235673 T	15-04-2003
			CN 1120158 A ,B	10-04-1996
			DE 69530021 D1	30-04-2003
			EP 0679875 A1	02-11-1995
			JP 3121740 B2	09-01-2001
			JP 8043175 A	16-02-1996
US 4742260	A	03-05-1988	DE 3703676 A1	13-08-1987
			JP 2040704 C	28-03-1996
			JP 7073428 B	02-08-1995
			JP 62277079 A	01-12-1987
US 3225226	A	21-12-1965	GB 1014923 A	31-12-1965
US 5099454	A	24-03-1992	FR 2650080 A1	25-01-1991
			AT 105933 T	15-06-1994
			DE 69008955 D1	23-06-1994
			DE 69008955 T2	03-11-1994
			DK 409732 T3	05-09-1994
			EP 0409732 A1	23-01-1991
			ES 2056407 T3	01-10-1994

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2004/007462

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01F23/296 G01N11/16 H01L41/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01F G01N H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 499 265 A (NOHKEN INC) 19. August 1992 (1992-08-19) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 29 - Zeile 42 Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 26 Spalte 3, Zeile 44 - Zeile 50 Spalte 9, Zeile 50 - Zeile 56 Abbildungen 1,2	1-3,6,7, 10,11,13
A	US 5 651 285 A (LEGRAS OLIVIER) 29. Juli 1997 (1997-07-29) Zusammenfassung Abbildungen 4,5 Spalte 2, Zeile 9 - Zeile 32 Spalte 5, Zeile 56 - Spalte 6, Zeile 6 ----- -/--	1-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Dezember 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

30/12/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P B 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pisani, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007462

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>US 4 742 260 A (ISHIBASHI SEIKI ET AL) 3. Mai 1988 (1988-05-03) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 48 - Zeile 51 Spalte 1, Zeile 63 - Zeile 64 Spalte 3, Zeile 11 - Zeile 34 Spalte 4, Zeile 51 - Zeile 54</p>	1
A	<p>US 3 225 226 A (MASAMITSU KAWAKAMI) 21. Dezember 1965 (1965-12-21) Spalte 1, Zeile 32 - Zeile 35 Spalte 2, Zeile 8 - Zeile 13 Spalte 2, Zeile 30 - Zeile 40</p>	1
A	<p>US 5 099 454 A (LEGRAS OLIVIER ET AL) 24. März 1992 (1992-03-24) Zusammenfassung Abbildung 1</p>	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007462

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0499265 A	19-08-1992	JP 3008991 B2	14-02-2000
		JP 4259823 A	16-09-1992
		CA 2060908 A1	15-08-1992
		DE 69202354 D1	14-06-1995
		DE 69202354 T2	14-09-1995
		EP 0499265 A2	19-08-1992
		FI 920606 A	15-08-1992
		KR 9615076 B1	24-10-1996
		US 5247832 A	28-09-1993
US 5651285 A	29-07-1997	FR 2719113 A1	27-10-1995
		AT 235673 T	15-04-2003
		CN 1120158 A ,B	10-04-1996
		DE 69530021 D1	30-04-2003
		EP 0679875 A1	02-11-1995
		JP 3121740 B2	09-01-2001
		JP 8043175 A	16-02-1996
US 4742260 A	03-05-1988	DE 3703676 A1	13-08-1987
		JP 2040704 C	28-03-1996
		JP 7073428 B	02-08-1995
		JP 62277079 A	01-12-1987
US 3225226 A	21-12-1965	GB 1014923 A	31-12-1965
US 5099454 A	24-03-1992	FR 2650080 A1	25-01-1991
		AT 105933 T	15-06-1994
		DE 69008955 D1	23-06-1994
		DE 69008955 T2	03-11-1994
		DK 409732 T3	05-09-1994
		EP 0409732 A1	23-01-1991
		ES 2056407 T3	01-10-1994